

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-261379  
 (43)Date of publication of application : 13.09.2002

(51)Int.Cl. H01S 5/042  
 H01S 5/16

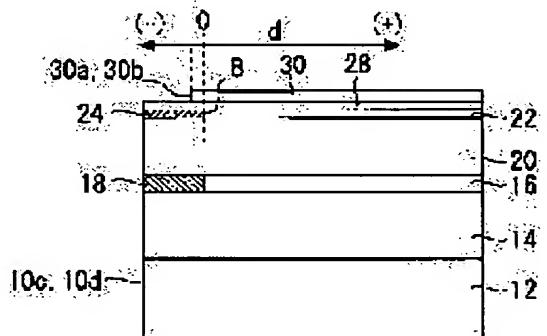
(21)Application number : 2001-059107 (71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
 (22)Date of filing : 02.03.2001 (72)Inventor : YAMAMURA SHINICHI  
 KAWASAKI KAZUE  
 YOSHIDA YASUAKI

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE COMPRISING IT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a semiconductor device and an optical semiconductor device, e.g. a laser diode, having a current uninjected region contiguous to the contact layer in the laser diode between the contact layer and the end face of the laser diode in which local heating due to local increase of current density is improved and failure of the device is reduced.

**SOLUTION:** A relation  $d/w.[1-w/(w+D)] < 20$  is satisfied among the thickness w of the contact layer and a metal electrode layer on the current uninjected region, the thickness D of a plating layer on the metal electrode layer, and the distance d from the end face of the plating layer to the origin corresponding to the boundary of the contact layer and the current uninjected region assuming that the direction from the origin toward the inner part of the laser diode is position direction and the direction from the origin toward the end face of the laser diode is negative direction.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-261379

(P2002-261379A)

(43)公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 S 5/042  
5/16

識別記号

6 1 0

F I

H 0 1 S 5/042  
5/16

コード\*(参考)

6 1 0 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-59107(P2001-59107)

(22)出願日 平成13年3月2日 (2001.3.2)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 山村 真一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 川崎 和重

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)代理人 100082175

弁理士 高田 守 (外3名)

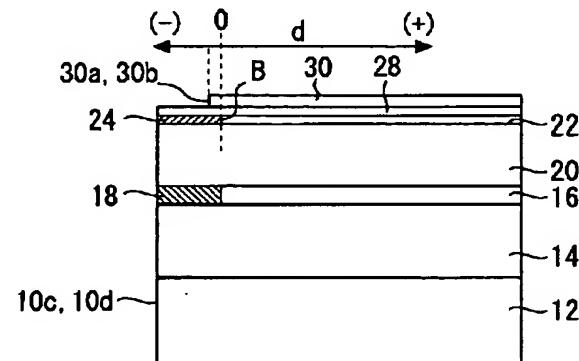
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体デバイスおよびそれを応用した光半導体デバイス

(57)【要約】

【課題】 レーザダイオード内のコンタクト層とレーザダイオードの端面の間にコンタクト層に隣接する電流非注入領域を有するレーザダイオードなどの半導体デバイスおよび光半導体デバイスにおいて、電流密度が局部的に増大し、局部的に発熱が起こるのを改善し、これらに伴うデバイスの故障を低減する。

【解決手段】 コンタクト層と電流非注入領域上の金属電極層の厚さをw、またこの金属電極層上のメッキ層の厚さをDとし、コンタクト層と電流非注入領域の境界に対応する位置を原点とし、この原点からレーザダイオードの内部へ向かう方向を正方向、原点からレーザダイオードの端面へ向かう方向を負方向として、メッキ層の端面位置の原点からの距離dが、 $d/w \cdot [1-w/(w+D)] < 20$ を満足するように設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コンタクト層、このコンタクト層に隣接して設けられた電流非注入領域、前記コンタクト層と電流非注入領域に跨って接合する厚さwの金属電極層、および前記金属電極層の上に形成され前記コンタクト層と電流非注入領域との境界から所定距離離れた位置に端面を有する厚さDのメッキ層を備え、前記コンタクト層と電流非注入領域との境界を原点とし、この原点から前記電流非注入領域に向かう方向を負方向とし、前記原点から前記コンタクト層に向かう方向を正方向とした場合に、前記メッキ層の端面の前記原点からの距離dが、 $d / w \cdot [1 - w / (w + D)] < 20$ の関係を満足するように設定されている半導体デバイス。

【請求項2】 前記距離dが前記正方向に5マイクロメータ以下と設定された請求項1記載の半導体デバイス。

【請求項3】 前記距離dが前記負方向に設定された請求項1記載の半導体デバイス。

【請求項4】 前記距離dが前記負方向に5マイクロメータと設定された請求項1記載の半導体デバイス。

【請求項5】 活性層、この活性層に隣接して設けられた光非吸収領域、および前記活性層と光非吸収領域とを覆うように設けられたクラッド層を有する光半導体デバイスであって、前記クラッド層上に配置され前記活性層の上部に位置するコンタクト層、前記クラッド層上に前記コンタクト層に隣接して配置され前記光非吸収領域の上部に位置する電流非注入領域、前記コンタクト層と電流非注入領域を覆う厚さwの金属電極層、および前記金属電極層の上に形成され前記コンタクト層と電流非注入領域との境界から所定距離離れた位置に端面を有する厚さDのメッキ層を備え、前記コンタクト層と電流非注入領域との境界を原点とし、この原点から前記電流非注入領域に向かう方向を負方向とし、前記原点から前記コンタクト層に向かう方向を正方向とした場合に、前記メッキ層の端面の前記原点からの距離dが、 $d / w \cdot [1 - w / (w + D)] < 20$ の関係を満足するように設定されている光半導体デバイス。

【請求項6】 前記クラッド層、コンタクト層および活性層が、GaAs、AlGaAs、AlGaInP、GaInNAs、InP、InGaAsP、GaN、InGaNを含むグループから選ばれた材料で構成されている請求項5記載の光半導体デバイス。

【請求項7】 前記金属電極層およびメッキ層が、Ti、Pt、Au、Ni、Crを含むグループから選ばれた材料で構成されている請求項5記載の光半導体デバイス。

【請求項8】 前記電流非注入領域が、その領域に形成された前記コンタクト層へのイオン注入による高抵抗化、前記コンタクト層を除去し前記金属電極層を直接前記クラッド層に接合させる方法、前記コンタクト層を除去した部分に電流阻止層を形成する方法、前記コンタク

ト層を除去した部分に絶縁膜を形成する方法、または前記コンタクト層を除去した部分に高抵抗でしかも禁制帯幅のより広い材料を埋め込む方法によって形成されている請求項5記載の光半導体デバイス。

【請求項9】 前記光非吸収領域が、その領域に形成された前記活性層を無秩序化する方法、前記活性層をエッチングして禁制帯幅のより大きな材料に置き換える方法、または前記活性層に不純物をドーピングする方法により形成された請求項5記載の光半導体デバイス。

10 【請求項10】 前記距離dが前記正方向に5マイクロメータ以下と設定された請求項5から9の何れかに記載の光半導体デバイス。

【請求項11】 前記距離dが前記負方向に設定された請求項5から9の何れかに記載の光半導体デバイス。

【請求項12】 前記距離dが前記負方向に5マイクロメータと設定された請求項11記載の光半導体デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

20 【産業上の利用分野】この発明は、半導体デバイスおよびそれを応用した光半導体デバイスに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】レーザダイオードの主要な故障として、光学的損傷による端面破壊(COD: Catastrophic Optical Damage)がある。この光学的損傷による端面破壊を防ぐために、レーザダイオードの端面を含む端部に、レーザ光を吸収しない窓構造を設け、レーザダイオードの信頼性を向上することが知られている。

30 【0003】この窓構造は光非吸収領域であり、レーザダイオード内の活性層とレーザダイオードの端面との間に、活性層よりも禁制帯幅の大きな領域を形成し、レーザ光の吸収を無くすようにしたものである。この光非吸収領域は、前記活性層とともにクラッド層によって覆われ、このクラッド層上には、前記活性層の上部に位置するコンタクト層と、前記光非吸収領域の上部に前記コンタクト層に隣接して位置する電流非注入領域が形成される。これらのコンタクト層および電流非注入領域は、金属電極層によって覆われ、またこの金属電極層上にはメッキ層が形成される。これらのメッキ層および金属電極層は、前記コンタクト層と前記クラッド層を介して活性層にキャリアを注入し、前記活性層において、その禁制帯幅および量子準位に基づくレーザ発光を行わせる。前記電流非注入領域は、その上の前記金属電極層からその下の前記クラッド層および光非吸収領域に対する電流の注入を無くすために用いられる。また前記メッキ層は、光半導体デバイスのダイボンドや、ワイヤボンドのなじみを良好にして、そのボンディング強度を安定にしかも高く保つために用いられる。

40 50 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、レーザダイオードをウエハから切り出す際には、切り出したレーザダイオードの端面に反射鏡面を形成するため、一般に、ウエハをへき開する方法が用いられる。このウエハのへき開において、メッキ層はへき開を阻害するので、へき開位置から離れて配置される。一方、光非吸収領域は、レーザダイオードの端面における光学的損傷を防止するため、レーザダイオードの端面に隣接して形成され、またそれに伴ってその上部に位置する電流非注入領域も、レーザダイオードの端面に隣接して形成されるため、結果として、メッキ層は金属電極層の上に、コンタクト層と電流非注入領域との境界よりも、レーザダイオードの内部の方向に離れた位置に、すなわち電流非注入領域の上部に重ならないようにして形成される。

【0005】しかし、このようなメッキ層の配置において、メッキ層の端部と電流非注入領域に間の金属電極層で、局部的に電流密度が非常に増大する現象が見られることが確認された。この局部的な電流密度の増大は、局部的な発熱の原因となり、この局部的な発熱によって、デバイスが破壊されることが確認された。

【0006】この発明は、このような局部的な電流密度の増大、局部的な発熱を改善し、それに伴うデバイスの破壊を少なくできる改善された半導体デバイスを提案するものである。

【0007】また、この発明は、前記のような局部的な電流密度の増大、局部的な発熱を改善し、それに伴うデバイスの破壊を少なくできる改善された光半導体デバイスを提案するものである。

【0008】

【課題を解決する手段】この発明による半導体デバイスは、コンタクト層、このコンタクト層に隣接して設けられた電流非注入領域、前記コンタクト層と電流非注入領域に跨って接合する厚さwの金属電極層、および前記金属電極層の上に形成され前記コンタクト層と電流非注入領域との境界から所定距離離れた位置に端面を有する厚さDのメッキ層を備え、前記コンタクト層と電流非注入領域との境界を原点とし、この原点から前記電流非注入領域に向かう方向を負方向とし、前記コンタクト層に向かう方向を正方向とした場合に、前記メッキ層の端面の前記原点からの距離dが、 $d/w \cdot [1 - w/(w+D)] < 20$ の関係を満足するように設定されたものである。

【0009】また、この発明による半導体デバイスは、前記距離dが前記正方向に5マイクロメータ以下と設定されたものである。

【0010】また、この発明による半導体デバイスは、前記距離dが前記負方向に設定されたものである。

【0011】また、この発明による半導体デバイスは、前記距離dが前記負方向に5マイクロメータと設定されたものである。

【0012】また、この発明による光半導体デバイスは、活性層、この活性層に隣接して設けられた光非吸収領域、および前記活性層と光非吸収領域とを覆うように設けられたクラッド層を有する光半導体デバイスであって、前記クラッド層上に配置され前記活性層の上部に位置するコンタクト層、前記クラッド層上に配置され前記光非吸収領域の上部に位置する電流非注入領域、前記コンタクト層と電流非注入領域を覆う厚さwの金属電極層、および前記金属電極層の上に形成され前記コンタクト層と電流非注入領域との境界から所定距離離れた位置に端面を有する厚さDのメッキ層を備え、前記コンタクト層と電流非注入領域との境界を原点とし、この原点から前記電流非注入領域に向かう方向を負方向とし、前記原点から前記コンタクト層に向かう方向を正方向とした場合に、前記メッキ層の端面の前記原点からの距離dが、 $d/w \cdot [1 - w/(w+D)] < 20$ の関係を満足するように設定されたものである。

【0013】また、この発明による光半導体デバイスは、前記クラッド層、コンタクト層および活性層が、GaAs、AlGaAs、AlGaInP、GaInNAs、InP、InGaAsP、GaN、InGaNを含むグループから選ばれた材料で構成されたものである。

【0014】また、この発明による光半導体デバイスは、前記金属電極層およびメッキ層が、Ti、Pt、Au、Ni、Crを含むグループから選ばれた材料で構成されたものである。

【0015】また、この発明による光半導体デバイスは、前記電流非注入領域が、その領域に形成された前記コンタクト層へのイオン注入による高抵抗化、前記コンタクト層を除去し前記金属電極層を直接前記クラッド層に接合させる方法、前記コンタクト層を除去した部分に電流阻止層を形成する方法、前記コンタクト層を除去した部分に絶縁膜を形成する方法、または前記コンタクト層を除去した部分に高抵抗でしかも禁制帯幅のより広い材料を埋め込む方法によって形成されたものである。

【0016】また、この発明による光半導体デバイスは、前記光非吸収領域が、その領域に形成された前記活性層を無秩序化する方法、前記活性層をエッチングして禁制帯幅のより大きな材料に置き換える方法、または前記活性層に不純物をドーピングする方法により形成されたものである。

【0017】また、この発明による光半導体デバイスは、前記距離dが前記正方向に5マイクロメータ以下と設定されたものである。

【0018】また、この発明による光半導体デバイスは、前記距離dが前記負方向に設定されたものである。

【0019】さらに、この発明による光半導体デバイスは、前記距離dが前記負方向に5マイクロメータと設定されたものである。

50 【0020】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は、この発明による半導体デバイスの実施の形態1を示す一部切断斜視図、図2はその断面図である。この半導体デバイスは、リッジ導波路型窓構造付きレーザダイオード10であり、図2はそのリッジ導波路に沿った断面図である。このレーザダイオード10は、矩形状であり、平坦な下主面10aおよびそれと対向する上主面10bを有し、またリッジ導波路の延長方向に互いに平行で相対向する一対の端面10c、10dを有し、さらにリッジ導波路の延長方向と直交する方向に互いに平行で相対向する一対の端面10e、10fを有する。これらの端面10c、10d、10e、10fは、ウエハをへき開して形成される。

【0021】このレーザダイオード10は、下主面10aを画定するGaAs基板12、その上面全面に形成されたn形のAlGaAs（アルミニウムガリウム砒素）クラッド層14、その上面に形成された活性層16、光非吸収領域18を含んでいる。光非吸収領域18は、図2に示すように、活性層16と同じ層として形成され、レーザダイオード10の端面10c、10dに隣接した端部に形成されている。この光非吸収領域18は、活性層16に比べて、より広い禁制帯幅を持つように構成される。この光非吸収領域18は、レーザダイオード10の端面10c、10dに隣接し、幅Aをもってその端面10eから端面10fまで延びている。

【0022】光非吸収領域18は次のようにして形成される。1つの方法は、光非吸収領域18となる領域にも活性層16を形成した後、この領域において、活性層16が持っていた量子井戸構造を無秩序化し、その禁制帯幅を活性層16よりも広い材料に変える方法である。この方法では、光非吸収領域18となる領域に形成した活性層16に対し、選択的に不純物拡散を行う方法がある。また選択的な不純物拡散に代わって、選択的なイオン注入を行い、その後にアニールする方法も用いることができる。さらに、選択的な不純物拡散に代わって、光非吸収領域18となる領域に形成した活性層に局部的にストレスを与える方法を用いることもできる。

【0023】光非吸収領域18を形成する別の方法は、光非吸収領域18となる領域にも活性層16を形成した後、この領域における活性層をエッチングで除去し、その領域18に、活性層16よりも禁制帯幅の大きな材料を埋め込む方法、または光非吸収領域18となる領域にも活性層16を形成した後、光非吸収領域18以外の活性層に対して選択的な不純物のドーピングを行い、活性層の実効的な禁制帯幅を狭くする方法を用いることもできる。

【0024】活性層16と光非吸収領域18の上には、それらを覆うように、p形のAlGaAs（アルミニウムガリウム砒素）クラッド層20が形成され、このクラッド層20には、リッジ導波路21が形成される。この

リッジ導波路21は、レーザダイオード10の上主面10bにストリップ状に盛り上がって形成され、このリッジ導波路21においてはクラッド層20が他の部分よりも厚く形成されている。このクラッド層20のリッジ導波路21の頂面21aには、GaAs（ガリウム砒素）コンタクト層22と、電流非注入領域24が形成されている。リッジ導波路21の頂面の周辺部とリッジ導波路21の側面、およびクラッド層20のリッジ導波路21以外の上面は、すべて絶縁膜26で覆われている。

10 【0025】電流非注入領域24は、図2に示すように、リッジ導波路21の頂面21aにおいて、レーザダイオード10の端面10c、10dに隣接して、光非吸収領域18に上に重なる位置に形成されている。この電流非注入領域24は、レーザダイオード10の端面10c、10dから、幅Aをもって、リッジ導波路21の頂面をその内部に向かって拡がっている。リッジ導波路21の頂面の、電流非注入領域24を除く部分は、コンタクト層22で覆われている。電流非注入領域24とコンタクト層22の境界Bは、レーザダイオード10の端面20c、20dから、距離Aとほぼ同程度だけリッジ導波路21の内部方向に位置している。

【0026】絶縁膜26の上面は、主にAu（金）からなる金属電極層28によって覆われており、リッジ導波路21の頂面21aは、その周辺部が絶縁膜26で覆われているが、その中央に形成されたコンタクト孔の中には、絶縁膜26が形成されていないため、金属電極層28がコンタクト孔を介して直接リッジ導波路21の頂面21aに接合する構造となっている。このリッジ導波路21の頂面21aにおいて、金属電極層26は、コンタクト層22と電流非注入領域24を覆うように形成され、それらにともに接合されている。金属電極層28の上には、Au（金）からなるメッキ層30が形成され、このメッキ層30は、リッジ導波路21の上およびその両側の金属電極層28に接合している。このメッキ層30には、図示しないが、レーザダイオードに対する陽極ワイヤがボンディングされ、金属電極層28に陽極電圧を印加し、コンタクト層22を介して、クラッド層20と活性層16に陽極電位を与える。

【0027】なお、図示しないが、レーザダイオード10の下主面10aには、レーザダイオードの陰極を形成する金属電極層と、メッキ層が形成され、レーザダイオードはこのメッキ層によって放熱基板上にダイボンドされる。

【0028】電流非注入領域24は、その上に存在する金属電極層28から、その下に存在するクラッド層20への、電流の注入を実質的に無くす。この電流非注入領域24は、例えば、この電流非注入領域24となる領域にもコンタクト層22を形成した後、この領域のコンタクト層22に、イオン注入を行って高抵抗化する方法で形成される。また電流非注入領域24となる領域にもコ

ンタクト層22を形成した後、この領域24のコンタクト層をエッチングで除去し、金属電極層28を直接クラッド層20に接触させる方法によるものである。この方法では、p形AlGaAsクラッド層20が金属電極層28との間に高いオームミックコンタクトを与えるので、金属電極層28からクラッド層20へに電流の注入が起こらない。

【0029】また、電流非注入領域24は、前記のように電流非注入領域24となる領域にもコンタクト層22を形成した後、この領域のコンタクト層をエッチングで除去し、その位置に電流の注入をブロックする結晶材料層、絶縁材料層、または高抵抗でしかも禁制帯幅の広い結晶を挿入または埋め込む方法によっても形成できる。

【0030】メッキ層30は、その両端に端面30a、30bを有する。この端面30a、30bは、レーザダイオード10の端面10c、10dと平行であり、この端面10c、10dから所定距離だけ、レーザダイオード10の内部に寄ったところに位置している。このメッキ層30の端面30a、30bの位置について、図3に示すように、リッジ導波路21の延長方向、すなわちレーザダイオード10の端面10c、10dに直交する方向において、コンタクト層22と電流非注入領域24との境界Bに対応する位置を原点0とし、端面30a、30bのこの原点0からの距離dを、レーザダイオード10の内部に向かう方向、すなわちコンタクト層22に向かう方向を正方向、また逆に原点0からレーザダイオード10の端面10c、10dに向かう方向、すなわち電流非注入領域24に向かう方向を負方向として、定義する。なお、図3はレーザダイオード10のリッジ導波路21の端部の断面を示し、レーザダイオード10の端面10c、10dを1つの平面に重ねて示し、またメッキ層30の端面30a、30bも互いに重ねた1つの端面として示している。

【0031】図3のようにメッキ層30の端面30a、30bの位置付けを定義した場合において、端面30a、30bの位置に対応してレーザダイオードの故障率を実測したデータを図4に示す。図4は故障率のメッキ層端面位置依存性を示すもので、図4の横軸はメッキ層30の端面30a、30bの位置を示し、原点0点は境界Bの真上に端面30a、30bが存在する場合に相当する。この原点0から右側は、端面30a、30bが前記正方向に移動した場合における原点0からの距離を示し、また原点0から左側は、端面30a、30bが前記負方向に移動した場合における原点0からの距離を示す。これらの距離の単位は、マイクロメータである。図4の縦軸は、横軸に示した位置にメッキ層端面30a、30bを有するそれぞれのレーザダイオードの故障率をパーセントで示す。

【0032】図4のデータは、メッキ層30と金属電極層28をAu(金)で構成し、その厚さをそれぞれメッ

キ層30で4.0マイクロメータ、金属電極層28で0.25マイクロメータ、またコンタクト層22をp形GaAs(ガリウム砒素)で構成し、その膜厚を0.2マイクロメータ、またクラッド層20をp形AlGaAs(アルミニウムガリウム砒素)で構成し、併せてメッキ層30と金属電極層28の比抵抗をそれぞれ $2.4 \times 10^{-6}$ オームセンチメータ、コンタクト層22の比抵抗を $6.3 \times 10^{-9}$ オームセンチメータ、クラッド層20の比抵抗を0.13オームセンチメータとした場合のデータである。

【0033】図4において、実測点P1、すなわち端面30a、30bが0点から+25マイクロメータ離れたレーザダイオードでは、故障率が100パーセントとなり、すべてのレーザダイオードに故障が発生した。実測点P2、すなわち端面30a、30bが0点から+15マイクロメータ離れたレーザダイオードでは、故障率が40パーセントに低下し、実測点P3、すなわち端面30a、30bが0点から+5マイクロメータ離れたレーザダイオード、また実測点P4、すなわち端面30a、30bが0点から-5マイクロメータ離れたレーザダイオードではともに故障率は0パーセントとなり、故障が認められなかった。

【0034】このデータについて考察する。金属電極層28の比抵抗に比べて、コンタクト層22、およびクラッド層20の比抵抗は、桁違いに大きいため、金属電極層28とコンタクト層22との界面では、電位はほぼ一定になる。実際に外部から給電を受けるのはメッキ層30であるが、金属電極層28の各部分のうち、上にメッキ層30が存在する部分では、比抵抗の低い金属電極層28の内部はほぼ全体に亘って図3の左右方向(x方向)で等電位になる。ところが、上にメッキ層30が存在しない金属電極層28の部分は、メッキ層30の存在する部分から、0.25マイクロメータの厚さの薄い金属電極層28のみを通じてキャリアが供給されるため、図3の左右方向(x方向)に電位差が生じる。ここで、メッキ層30が存在する部分も、メッキ層30が存在しない部分も、ともに金属電極層28とコンタクト層22との界面は等電位であるから、単位面積当たりでは、メッキ層30の存在しない部分でも、メッキ層30が存在する部分と同等量のキャリアが供給される。したがって、メッキ層30の端面30a、30bの近傍におけるメッキ層30の存在しない金属電極層28の中で、局部的に図3の左右方向(x方向)の電流密度が高くなる。

【0035】メッキ層30の端面30a、30bの位置を図3のように定義付けて、その0点からの距離をd、また金属電極層28の厚さをw、メッキ層30の厚さをDとすると、メッキ層30の端面30a、30bでの左右方向(x方向)の電流密度J<sub>m</sub>は、メッキ層30の存在する部分における上下方向(y方向)の電流密度Jを用い、次の式1のように表される。

【0036】

\* \* 【数1】

$$J_m = J \cdot \frac{d}{w} \cdot \left[ 1 - \frac{w}{w+D} \right]$$

(式1)

【0037】この式1から、距離dを小さくするか、負方向、すなわちメッキ層30を電流非注入領域24の上にオーバラップさせないと、電流密度の上昇が発生し、メッキ層30の端面30a、30bの位置で局部的な温度上昇が生じると考えられる。

【0038】図4のデータについて、実測点P2に比べ、実測点P1においては、レーザダイオードに局部的な温度上昇が明確に確認され、このような温度上昇が発生すると、レーザダイオードの信頼性が大きく損なわれる。実施の形態1に示すような窓構造付きレーザダイオードでは、注入電流を上昇させても、光学的損傷による端面破壊(COD)は発生しない。ところが、温度上昇による最大出力を超える1000ミリアンペアまで電流を流すと、図4のデータに示すように、実測点P2に示した局部的な温度上昇の無いレーザダイオードでは故障が起こらないが、実測点P1に示した局部的な温度上昇が起こるレーザダイオードでは、100パーセントの故障が発生した。故障率は、メッキ層30の端面30a、30bの0点に対する距離dが、図3の正方向に増大するに伴って、急激に増大することから、上記温度上昇を無くすことにより、レーザダイオードの信頼性を向上することができると言える。

【0039】図5は、故障発生時の電流値を示すデータであり、横軸はメッキ層30の端面30a、30bの原点Oからの正方向の距離d(マイクロメータ)を示し、縦軸は故障発生時の電流値(ミリアンペア)を示す。この図5から、距離dが正方向の増大するに伴って、故障発生時の電流値は減少しており、より小さい電流値で故障が発生するようになることがわかる。このことからも、式1は正しいと言える。

【0040】図6(a) (b)は、距離dを正方向に25マイクロメータと設定したレーザダイオードについて、デバイス内部の電流密度分布をボアソンの方程式と電流連続の関係を用いて、より厳密に計算した結果を示す。図6(a)は図3の左右方向(x方向)の電流密度(アンペア/平方センチメータ)を、また図6(b)は上下方向(y方向)の電流密度(アンペア/平方センチメータ)を示す。横軸はれもレーザダイオード10の端面10c、10dから、メッキ層30の端面30a、30bまでの距離を示している。メッキ層30、金属電極層28、コンタクト層22、およびクラッド層20の材料、膜厚、比抵抗は段落0027に記載したものと同じにした。なお、図6にドットを付けて示した電流非注入領域24の、端面10c、10dからの距離Aは20マイクロメータとした。矢印Cで示す領域は、メッキ層30の存在する領域である。この図6(a) (b)によ

れば、メッキ層30の端面30a、30bの位置において、左右方向(x方向)の電流密度が極端に増大し、メッキ層30の下部の上下方向(y方向)の電流密度に比べ、約100倍となった。

【0041】図7(a) (b)は、距離d=0、すなわちメッキ層30の端面を原点0に一致させたレーザダイオードについて、図6と同様に、デバイス内部の電流密度分布をボアソンの方程式と電流連続の関係を用いて、より厳密に計算した結果を示す。図7(a)は図3の左右方向(x方向)の電流密度(アンペア/平方センチメータ)を、また図7(b)は上下方向(y方向)の電流密度(アンペア/平方センチメータ)を示す。横軸はれもレーザダイオード10の端面10c、10dから、メッキ層30、金属電極層28、コンタクト層22、およびクラッド層20の材料、膜厚、比抵抗は段落0027に記載のものと同じにした。なお、電流非注入領域24の、端面10c、10dからの距離Aは20マイクロメータとした。矢印Cで示す領域は、メッキ層30の存在する領域である。この図7(a) (b)では、メッキ層30の端面30a、30bの位置における、左右方向(x方向)の電流密度の増大は、メッキ層30の下部の上下方向(y方向)の電流密度に比べ、約4.9倍まで抑制された。

【0042】図8(a) (b)は、距離d=+5マイクロメータ、すなわちメッキ層30の端面を原点0から正方向に5マイクロメータ離れた位置としたレーザダイオードについて、図6と同様に、デバイス内部の電流密度分布をボアソンの方程式と電流連続の関係を用いて、より厳密に計算した結果を示す。図8(a)は図3の左右方向(x方向)の電流密度(アンペア/平方センチメータ)を、また図8(b)は上下方向(y方向)の電流密度(アンペア/平方センチメータ)を示す。横軸はれもレーザダイオード10の端面10c、10dから、メッキ層30の端面30a、30bまでの距離を示している。メッキ層30、金属電極層28、コンタクト層22、およびクラッド層20の材料、膜厚、比抵抗は段落0027に記載のものと同じにした。なお、電流非注入領域24の、端面10c、10dからの距離Aは20マイクロメータとした。矢印Cで示す領域は、メッキ層30の存在する領域である。この図8(a) (b)では、メッキ層30の端面30a、30bの位置における、左右方向(x方向)の電流密度の増大は、メッキ層30の下部の上下方向(y方向)の電流密度に比べ、約16倍であった。この程度の電流密度の増大ならば、レーザダイオードの信頼性を悪化させることはない。

【0043】これらのデータと厳密な計算に基づき、端面30a、30bの原点0からの位置dについて、前記正方向の場合には正の符号を、また負方向の場合には負の符号を付した場合に、つきの関係を満足するように、\*

$$\frac{d}{w} \cdot \left[ 1 - \frac{w}{w+D} \right] < 20$$

【0045】式2について、dが負であれば、左辺の値は負となり、常にその値は20より小さく信頼性改善に効果がある。またdが正であっても式2の左辺の値が20より小さければ、デバイスの信頼性改善に効果がある。

【0046】実施の形態2、実施の形態1では、活性層16をInGaAs、クラッド層20をAlGaAs（アルミニウムガリウム砒素）で構成し、コンタクト層22をGaAs（ガリウム砒素）で構成したが、これらは、GaAs（ガリウム砒素）、AlGaAs（アルミニウムガリウム砒素）、AlGaInP（アルミニウムガリウムインジウム燐）、GaInNAs（ガリウムインジウム窒素砒素）、InP（インジウム燐）、InGaAsP（インジウムガリウム砒素燐）、GaN（ガリウム窒素）、InGaN（インジウムガリウム窒素）を含むグループから選ばれた材料で構成することができる。また実施の形態1では、金属電極層およびメッキ層を、Au（金）で構成したが、これらはTi（チタン）、Pt（白金）、Au（金）、Ni（ニッケル）、Cr（クロム）を含むグループから選ばれた材料で構成することもできる。

【0047】

【発明の効果】以上のように、この発明による半導体デバイスでは、 $d/w \cdot [1 - w/(w+D)] < 20$ となるように、メッキ層の端面位置を設定したので、電流密度の局部的な増大を防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらに伴うデバイスの信頼性の低下を改善することができる。

【0048】また、前記距離dを正方向に5マイクロメータ以下と設定した半導体デバイスでは、メッキ層を半導体デバイスの端面から充分に離して、ウエハのへき開を容易にしながら、電流密度の局部的な増大を防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらによる装置の信頼性の低下を改善することができる。

【0049】また、前記距離dを負方向に設定した半導体デバイス、さらに前記距離dを前記負方向に5マイクロメータと設定した半導体デバイスでは、電流密度の局部的な増大を確実に防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらによる装置の信頼性の低下を改善することができる。

【0050】また、この発明による光半導体デバイスでは、 $d/w \cdot [1 - w/(w+D)] < 20$ となるように、メッキ層の端面位置を設定したので、電流密度の局

\* 位置dを設定すれば、レーザダイオードの故障率を改善できると言える。

【0044】

【数2】

(式2)

部的な増大を防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらに伴う光半導体デバイスの信頼性の低下を改善することができる。

【0051】また、この発明による光半導体デバイスにおいて、活性層、クラッド層およびコンタクト層を、GaAs、AlGaAs、AlGaInP、GaInNAs、InP、InGaAsP、GaN、InGaNを含むグループから選ばれた材料で構成するもの、金属電極層およびメッキ層を、Ti、Pt、Au、Ni、Crを含むグループから選ばれた材料で構成するもの、電流非注入領域を、イオン注入による高抵抗化、前記コンタクト層の除去、電流素子層の挿入、絶縁膜の挿入、または高抵抗で禁制帯幅の広い材料の埋め込みによって形成したもの、光非吸収領域を、活性層を無秩序化する方法、活性層をエッティングして禁制帯幅のより大きな材料に置き換える方向、または活性層に不純物をドーピングする方法により形成したものにあっても、それらの材料の特性を生かしながら、電流密度の局部的な増大を防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらによる光半導体デバイスの信頼性の低下を改善することができる。

【0052】また、前記距離dを正方向に5マイクロメータ以下と設定した光半導体デバイスでは、メッキ層を半導体デバイスの端面から充分に離して、ウエハのへき開を容易にしながら、電流密度の局部的な増大を防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらによる光半導体デバイスの信頼性の低下を改善することができる。

【0053】また、前記距離dを負方向に設定した光半導体デバイス、さらに前記距離dを前記負方向に5マイクロメータと設定した光半導体デバイスでは、電流密度の局部的な増大を確実に防ぎ、局部的な大きな発熱を抑えることができ、これらによる光半導体デバイスの信頼性の低下を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明による半導体デバイスの実施の形態1を示す斜視図。

【図2】 この実施の形態1の断面図。

【図3】 実施の形態1のメッキ層の端面の位置付けの説明図。

【図4】 実施の形態1のメッキ層の端面位置を変えた場合の故障率データを示すグラフ。

【図5】 実施の形態1のメッキ層の端面位置を変えた

13

場合の故障発生時電流値データを示すグラフ。

【図6】 メッキ層の端面位置を+25マイクロメータとした場合の電流密度分布の計算データを示すグラフ。

【図7】 メッキ層の端面位置を原点とした場合の電流密度分布の計算データを示すグラフ。

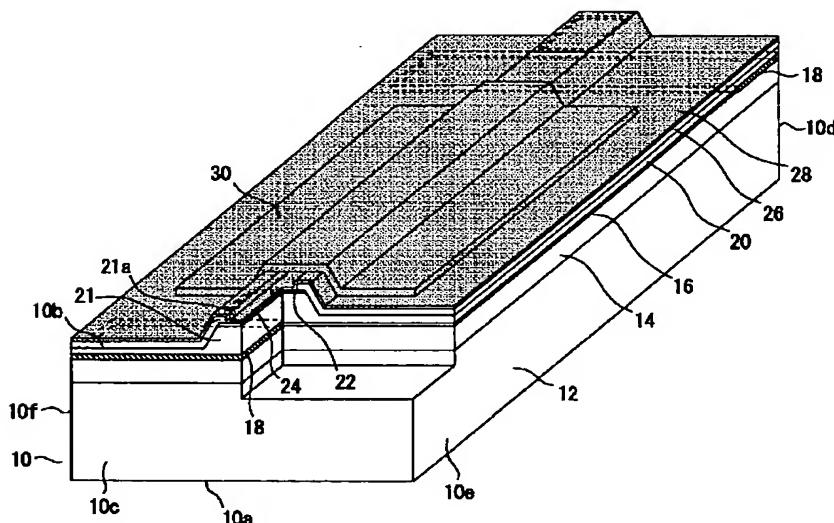
【図8】 メッキ層の端面位置を+5マイクロメータとした場合の電流密度分布の計算データを示すグラフ。 \*

14

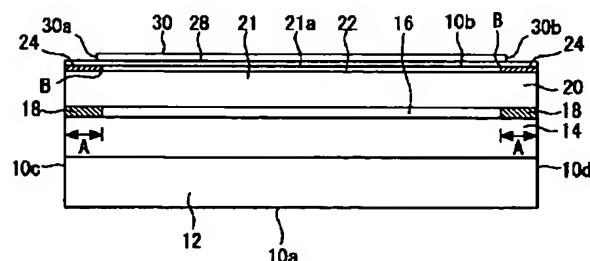
## \*【符号の説明】

10 レーザダイオード、 10c, 10d 端面、  
 16 活性層、 18 光非吸収領域、 20 クラッド層、 21 リッジ導波路、 22 コンタクト層、  
 24 電流非注入領域、 26 絶縁膜、  
 28 金属電極層、 30 メッキ層、 30a, 30b 端面。

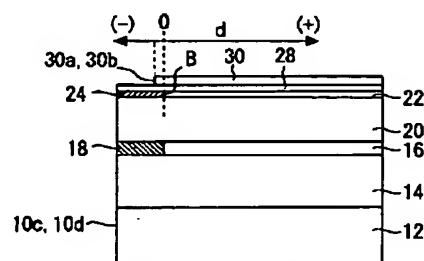
【図1】



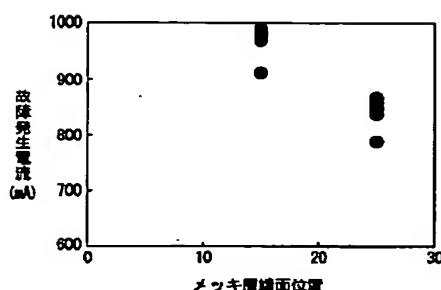
【図2】



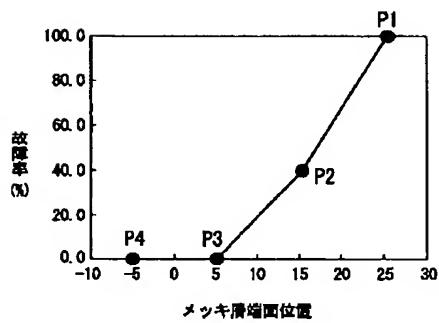
【図3】



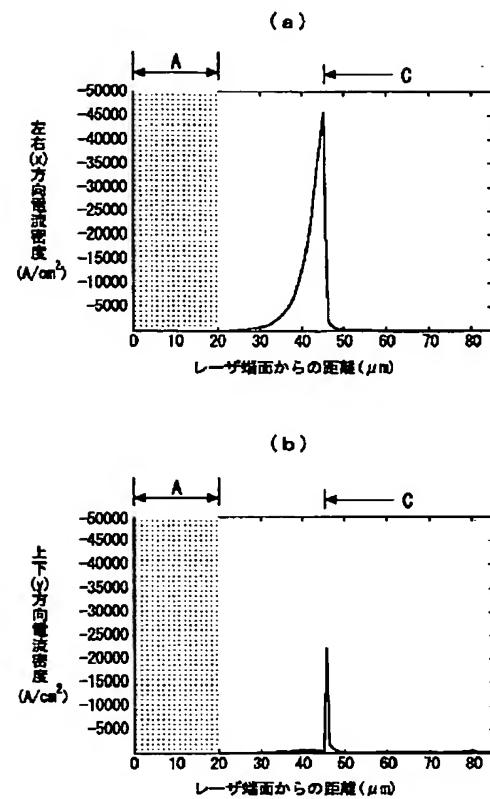
【図5】



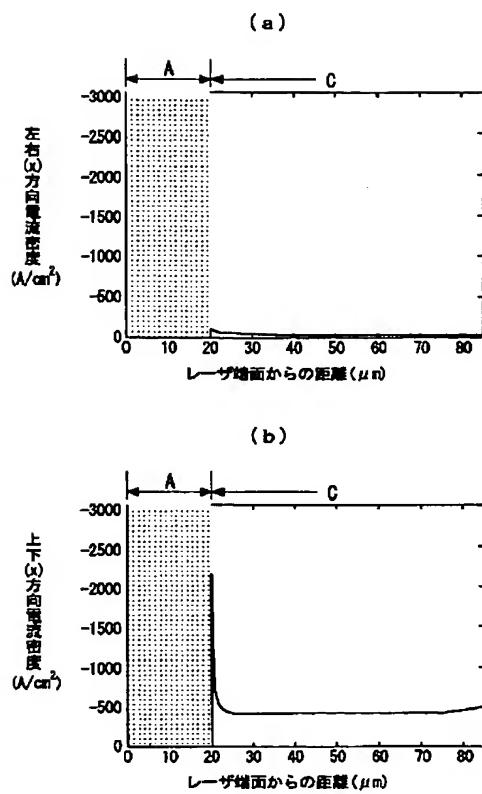
【図4】



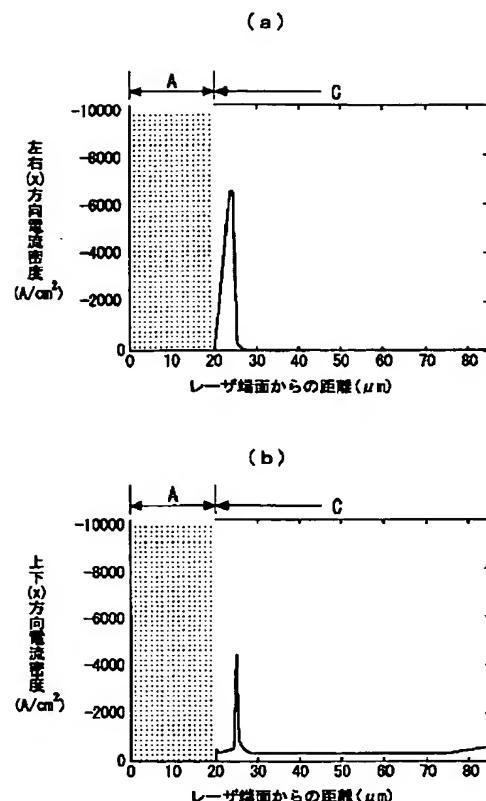
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 保明  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

F ターム(参考) SF073 AA07 AA13 AA44 AA62 AA87  
CA02 CA07 CA13 CA14 CA17  
CB02 CB10 CB21 DA11 DA14  
DA15 DA21 DA32 DA35 EA27  
EA28 EA29